

Сіянов О.І., к.т.н., доцент (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця)

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ НАПРУЖЕНЬ В ЕЛЕМЕНТАХ МОДЕЛІ МЕТАЛЕВОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО СТЕРЖНЕВОГО ПОКРИТТЯ

Шляхом проведених експериментальних випробувань моделі металевого циліндричного стержневого покриття отримані закономірності розподілу напружень в елементах в залежності від схеми прикладеного експериментального навантаження. Визначені небезпечні зони концентрації напружень в елементах, що дало змогу прийняти рішення про необхідність розвантаження покриття.

Поведінка металевого циліндричного стержневого покриття в силу його просторової геометрії представляє особливий інтерес, оскільки за формою конструкція нагадує оболонку. Щоб дослідити роботу такого покриття та визначити характер розподілу напружень і місця їх концентрації були проведені експериментальні випробування на моделі.

Оцінюючи результати попередніх досліджень [1–3], поставлено за задачу організувати і провести експериментальні дослідження конструкції покриття, яка майже в 1,5 рази більша за попередню.

Була виготовлена модель покриття (рис. 1) з розмірами в плані 2,4×1,8 м (1:20 до реальної системи). Кількість граней прийнято 6, а кількість панелей – 8. Кут нахилу розкосів до поясів склав $47^{\circ}37'$. Стріла підйому в даному випадку виявилась 0,42 м. Елементи моделі прийнято із стержнів трубчастого перерізу $d \times t = 21 \times 3$ мм, які утворювали розкісну решітку з низхідними розкосами. Матеріал конструкції моделі – сталь С245. Для зручності прикладання і зняття навантаження, модель була встановлена на спеціально виготовлену опорну сталю раму висотою 1,2 м (рис. 2). В якості вантажу для випробування застосовувалась цегла, яка розміщувалась у підвісних кошиках із сталевих прутків діаметром 5 мм. Для визначення відносних деформацій на стержнях моделі з обох боків під кутом 90° наклеювались тензометричні датчики опору ПКБ-10-200 з базою 10 мм. Перевірні датчики наклеювались з чотирьох боків. Реєстрація показань тензодатчиків здійснювалась за допомогою вимірю-

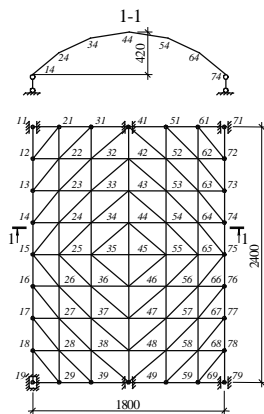


Рис. 1. Схема моделі покриття

вача деформацій цифрового (ВДЦ-1) та цифрового тензометричного мосту (ЦТМ-5). Модель з приладами для випробування наведена на рис. 3.

Експеримент проводився в приміщенні при температурі повітря $+20\pm 2^{\circ}\text{C}$ і вологості повітря, що близька до нормальній.



Рис. 2. Експериментальна установка



Рис. 3. Модель з приладами для вимірювання відносних деформацій

Увесь комплекс випробувань проводився в лабораторії ЕфБК кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького державного технічного університету.

В результаті досліджень передбачалось отримати закономірності розподілу напружень в елементах в залежності від схеми прикладеного експериментального навантаження та визначити небезпечні зони концентрації напружень в елементах.

Модель випробовували повним і однобічним експериментальним навантаженням, кожна схема якою реалізовувалась шляхом прийняття спеціальної послідовності поетапного (по 5 етапів) прикладання навантаження. Кожний вузол моделі сприймав 180...220 Н з витримкою для кожного етапу по 10 хвилин, після чого за допомогою приладів визначались відносні деформації ε . Максимальне навантаження на вузол становило 1000 Н.

Проведені випробування моделі показали, що незалежно від схеми прикладання експериментального навантаження напруження в елементах розподілялись нерівномірно.

На рис. 4 наведені експериментальні значення напружень в елементах моделі при повному (рис. 5) і однобічному (рис. 6) прикладанні навантажень.

В результаті установлений такий розподіл напружень в стержнях системи.

В поясах максимальні напруження різних знаків (44 і -50 Н/мм²) спостерігались в середній зоні, мінімальні (8 і -2 Н/мм²) – в першій чверті покриття (рис. 4, а). На розтяг працював тільки нижній пояс першої граневої ферми, інші пояси працювали на стиск. Проте в елементах нижніх поясів напруження відрізнялись різко, в межах $4...60\%$, в ділянці гребеня різниця зменшувалась і складала $20...34\%$.

Стояки працювали на стиск, тому напруження були одного знаку і розподілялись таким чином. Максимальне значення (-38 Н/мм²) було відмічено в крайньому стояку першої граневої ферми, мінімальне (-4 Н/мм²) в середньому стояку (рис. 4, б). При цьому відмінність напружень в стояках першої граневої ферми була в межах $8...56\%$, в інших граневих фермах $3...14\%$.

Розкоси працювали на розтяг. Максимальне напруження (39 Н/мм²) було зафіксовано в крайньому розкосі першої граневої ферми, мінімальне (4 Н/мм²) – в середньому розкосі в ділянці гребеня (рис. 4, в). Різниця напружень в розкосах усіх граневих ферм була істотною і коливалась в межах $4...48\%$.

Відхилення максимальних напружень в поясах, стояках і розкосах при повному і однобічному прикладанні навантажень склали відповідно $18...26$, 10 і 24% .

Як бачимо, розкид значень напружень в елементах істотний. Одні елементи майже не працюють, інші – перевантажені. Тож потрібно розробити конструктивні рішення, спрямовані на забезпечення рівномірного включення в роботу всіх елементів покриття. Найбільш продуктивним способом для цього є розвантаження системи за рахунок зміни опорних закріплень, підвищення жорсткості нижніх граневих ферм покриття або введення підкріплюючих елементів.

— повне завантаження; --- завантаження зліва; - - - завантаження справа

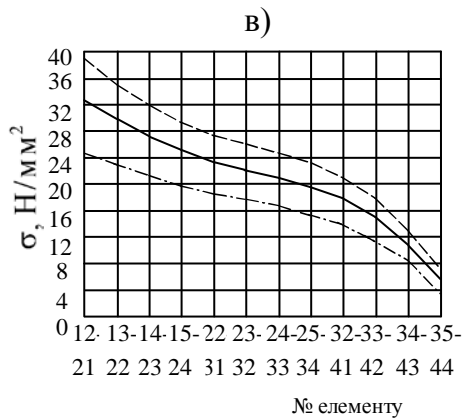
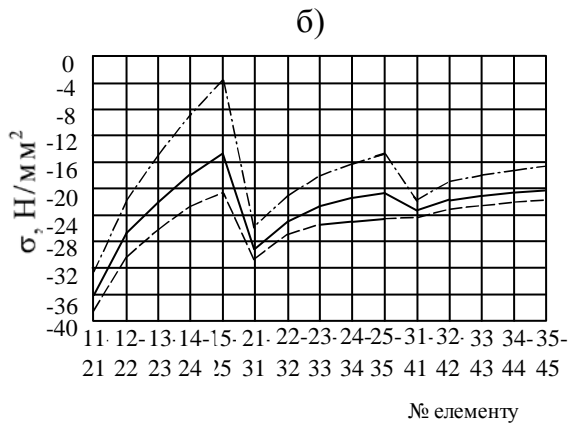
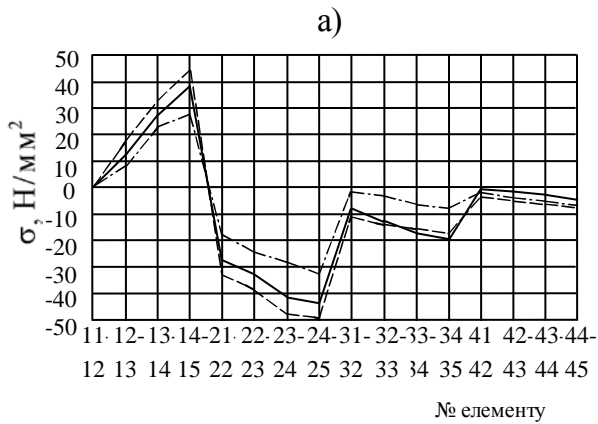


Рис. 4. Розподіл напружень в елементах покриття:
а) поясах; б) стояках; в) розкосах



Рис. 5. Повне завантаження моделі покриття



а)



б)

Рис. 6. Однобічне прикладання навантаження до моделі покриття: а) зліва; б) справа

Висновки та рекомендації.

Виходячи із результатів експериментальних випробувань моделі металевого циліндричного стержневого покриття можна зробити наступні висновки:

1) проведений комплекс досліджень і подальша обробка показань приладів дозволили визначити вплив різних схем прикладання навантажень на напружений стан покриття;

2) зафіксовано закономірності розподілу напружень в елементах моделі по всій поверхні;

3) встановлено, що найбільш небезпечною є схема з однобічним прикладанням навантаження, що свідчить про уразливість конструкції на дію несиметричного навантаження, зокрема в нижніх граневих фермах покриття;

4) виявлено місця концентрації напружень в елементах для кожної з представлених варіантів експериментальних схем при повному і однобічному прикладанні навантаження;

5) по мірі наближення від торців до середини довжини покриття напруження в елементах зменшувались і розподілялись неоднаково: опорний пояс майже весь лінійно працював на розтяг, проте інші пояси працювали на стиск, значення напружень в ділянці гребеня були незначними; стояки стискалися, а розкоси – розтягувались;

б) значні розбіжності значень напружень в елементах і їх нерівномірний розподіл по поверхні вказують на необхідність використання заходів, спрямованих на перенесення напружених зон покриття в бік малонавантажених елементів;

7) забезпечити реалізацію заходу щодо максимального включення в роботу всіх елементів можна шляхом розвантаження конструкції за рахунок:

- зміни опорних закріплень;
- підвищення жорсткості нижніх граневих ферм покриття;
- введення підкріплюючих елементів.

1. Свердлов В.Д. Цилиндрическое пространственное стержневое покрытие (теоретическое и экспериментальное исследование) // Строительные конструкции: Сб. науч. тр.–Киев: Будівельник, 1978.– Вып. 31.–С. 124–130. 2. Свердлов В.Д. Исследование пространственных цилиндрических стержневых систем покрытий: Дис. ... канд. техн. наук.–Киев, 1977.–174 с. 3. Свердлов В.Д., Сіянов О.І. Металеві циліндричні стержневі покриття.–Вінниця: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 1999.–134 с.